

7 Wilhelmi

Mainz 1978



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552622_0043

Aus der Orthopädischen Klinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

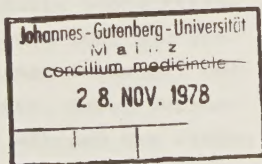
Untersuchungen über die Permeabilität zwischen Wir-
belkörper und Bandscheibe. Diffusionsversuche mit
besonderer Berücksichtigung der Knochenstruktur.

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Jürgen Wilhelmi
aus Hachenburg

Mainz
1978



Fachbereichsdekan:

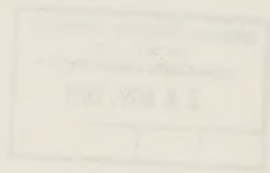
Prof. Dr.med. J. E. Altwein

1. Gutachter:

Prof. Dr.med. P. Otte

2. Gutachter:

Prof. Dr. D. Voth



1. Einleitung

Der Discus intervertebralis stellt in der Funktion der Wirbelsäule das wichtigste Konstruktionselement im Bereich der Bewegungssegmente dar. Seine Aufgabe besteht darin, die Verbindung zweier Wirbel sowohl stabil als auch beweglich zu machen. Die Erfüllung dieser Aufgabe setzt bestimmte physikalisch-chemische Eigenschaften voraus, welche ihn zur Elastizität und Festigkeit befähigen. Während die Zugfestigkeit von den Kollagenfasern garantiert wird, stellt die Aufrechterhaltung der Elastizität ein Problem dar, das der Organismus offenbar nicht dauerhaft zu lösen imstande ist.

Es handelt sich um die vorwiegend im Nucleus pulposus lokalisierte Vorrichtung zur Wasserbindung, die mit einem erheblichen Quellungsdruck einhergeht. Entscheidend hierfür sind die Polymere aus der Gruppe der Proteoglykane.

Der Anteil dieser Substanzen geht nach übereinstimmenden Untersuchungen mehrerer Autoren im Laufe des Lebens annähernd gesetzmäßig zurück, so daß hieran eine ursächliche Beziehung zu der häufig beobachteten Bandscheibendegeneration gesehen werden muß. Die Proteoglykane unterliegen naturgemäß einem Turnover. Der Stoffwechsel wird von Zellen geleistet, deren Versorgung mit Energie und Baustoffen nur während der frühen

Entwicklung auf dem Wege über Blutgefäße ermöglicht wird. Diese dringen tief in die noch nicht ossifizierte Portion der Wirbel und in die angrenzende Portion der Bandscheiben ein.

Nach PUTSCHAR (1959) beginnt das Gefäßsystem sich zum Zeitpunkt der Geburt zurückzubilden. Die Rückbildung ist im Alter von 18 - 25 Jahren vollendet.

Man hat also davon auszugehen, daß spätestens im Alter von 25 Jahren keine direkte Gefäßversorgung des Discus intervertebralis mehr existiert. BOEHMIG (1930), SCHMORL (1930).

Aufgrund der Gefäßlosigkeit war also zu postulieren, daß die Ernährung der Bandscheibe zumindest teilweise auf dem Wege der Diffusion durch die Endplatte des Wirbelkörpers erfolgt. Diese Annahme wurde insofern bestätigt, als bei ausgewachsenen Kaninchen die trennenden Strukturen zwischen Wirbelkörpermarkhöhle und Bandscheibe permeabel sind BRODIN (1955), HANSEN (1959).

Demgegenüber ergaben die Untersuchungen von NACHEMSON et al (1970) bei Diffusionsversuchen an 19 Präparaten unterschiedliche Ergebnisse. Die Autoren fanden praktisch immer eine Durchlässigkeit für den Farbstoff Patentblau V in der zentralen Portion der Endplatte, nicht dagegen in den lateralen Anteilen. Hier ergab sich, daß der Farbstoff nur bis an die Grenze der verkalkten Zone dringen konnte. Verminderte oder aufgehobene Durchlässigkeit bestand in einigen Fällen von Diskusdegeneration. Die Autoren schlossen daraus, daß die peripheren Bezirke von

den perianulären Gefäßen versorgt werden und daß eine ursächliche Beziehung zwischen der Undurchlässigkeit der Endplatten und der Discusdegeneration besteht.

KRÄMER (1973) stellte ausführlich dar, daß der Flüssigkeits- und Stofftransport zwischen der Bandscheibe und ihrer Umgebung physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Hierbei spielen Druckschwankungen eine wesentliche Rolle. Der Autor sieht in den Grenzschichten zwischen dem Discus und dem Wirbelkörper das Prinzip einer semipermeablen Membran und dementsprechend in dem Intervertebralraum ein osmotisches System. Die semipermeablen Grenzschichten trennen intra- und extradisciales Interstitium, wobei eine Verminderung des Außendruckes ebenso wie eine Zunahme der Teilchenzahl im Innern die Flüssigkeitsaufnahme begünstigt. Umgekehrt führt eine stärkere Druckbelastung und eine Verminderung der Teilchenzahl zur Flüssigkeitsabgabe nach außen. Diese druckabhängigen Flüssigkeitsverschiebungen werden mit einem Pumpmechanismus verglichen, der die Versorgung der Bandscheibenzellen mit Substraten und den Abtransport von Stoffwechselendprodukten beschleunigt. Daher sei ein regelmäßiger Wechsel von Belastung und Entlastung für die Trophik des Bandscheibengewebes von physiologischer Bedeutung.

MAROUDAS et al. (1975) ermittelten unter Berücksichtigung histologischer und physikalisch chemischer Parameter den Diffusionskoeffizienten des Discus intervertebralis für Glukose. Dieser entspricht sowohl im Bereich des Anulus, als auch im zentralen Teil des Discus dem Diffusionskoeffizienten

für Glukose des hyalinen Gelenkknorpels. Im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Diffusionsstrecken in vertikaler und horizontaler Richtung ergab sich aus den Untersuchungen, daß die Bandscheibenperipherie von den perianulären Gefäßen, die zentralen Anteile des Discus jedoch auf dem Weg über die Wirbelkörpermarkraumgefäße versorgt werden. Die Grenzfläche zwischen Knochen und Knorpel läßt in 10 % ihrer Ausdehnung einen direkten Kontakt zwischen Wirbelkörpermarkraum und Discus ohne Zwischenschaltung der knöchernen Endplatte erkennen. Von diesen knochenfreien Kontaktflächen wird angenommen, daß sie dem Stoffaustausch dienen.

Über die genannten Publikationen hinaus gibt es keine Untersuchungen, die den pathologischen Bedingungen bei beginnender und fortgeschrittener Osteoporose gewidmet sind. Hier beobachtet man bekanntlich eine Volumenzunahme der Bandscheiben, die im Extrem zum Phänomen der Fischwirbel führt. Die Vermutung lag nahe, daß veränderte Permeabilitätsverhältnisse die Ursache gesteigerter Quellung des Discusgewebes sind OTTE (1974)

Aus diesem Grund wurden die nachstehend beschriebenen Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die Permeabilität und Diffusionsfähigkeit zwischen Wirbelkörpermarkhöhle und Discus zu überprüfen. Die Arbeitshypothese war, daß die Diffusionsergebnisse bei den einzelnen Präparaten in Abhängigkeit von der Knochendichte und -struktur stärker variierten.

2. MATERIAL UND METHODEN

2, 1

Die Untersuchungen wurden an 34 LWS-Präparaten durchgeführt, die dem laufenden Sektionsgut des pathologischen Institutes der Johannes Gutenberg Universität Mainz (Direktor Prof. Dr. THOENES) entstammen. Die Präparate der Nummer 1 - 6 dienten den Vorversuchen. Die Präparate der Nummer 21 und der Nummer 23 wurden bei der Präparation so beschädigt, daß sie nicht mehr in den Versuchen verwendet werden konnten.

Über Alter, Geschlecht, Haupttodesursache, Grundleiden, Lokalisation des Probesegments sowie im Sektionsbericht erwähnte Knochenveränderungen der Präparate geben die Tabellen 1 - 3 Auskunft.

Die Altersverteilung wurde sowohl für die Gesamtpräparate, als auch für die männlichen und weiblichen Präparate getrennt in den Diagrammen Abb. 1 - 3 dargestellt. Das Durchschnittsalter betrug 65,15 Jahre. Mit Ausnahme von zwei Fällen gehörten alle Präparate zu Individuen über 50 Jahren.

Abbildung 1:

Altersverteilung aller Präparate

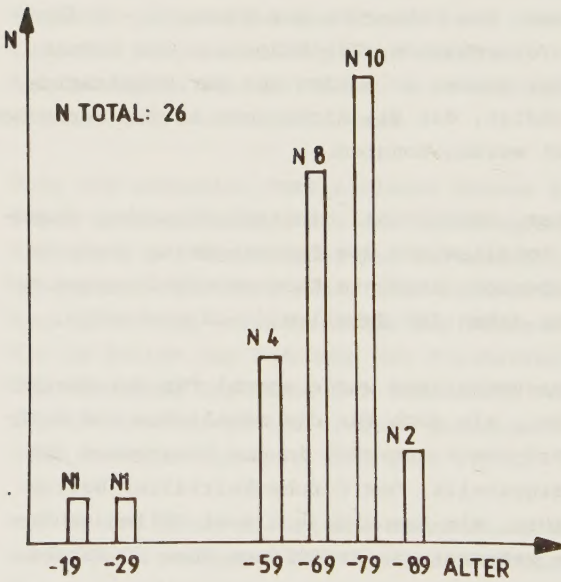


Abbildung 2:

Altersverteilung der männlichen Präparate

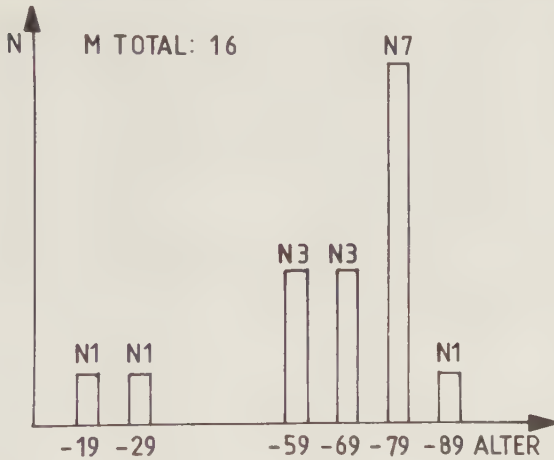


Abbildung 3:

Altersverteilung der weiblichen Präparate

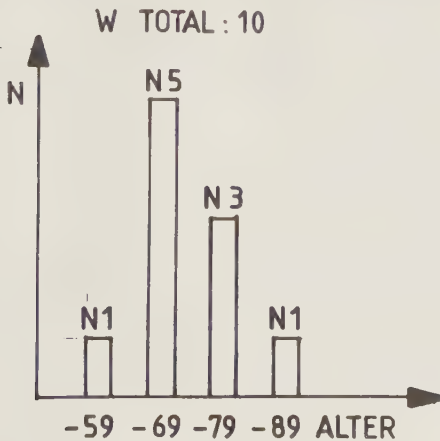


Tabelle 1: Dokumentation von Alter, Geschlecht und
untersuchtem LWS-Segment der Präparate

VsNr.	Alter	Geschlecht	Segment
7	72	w	L2/3
8	74	m	L2/3
9	58	m	L3/4
10	17	m	L3/4
11 +	63	w	L2/3
12	24	m	L2/3
13	83	w	L2/3
14	72	m	L2/3
15	54	m	L2/3
16	78	w	L2/3
17	65	m	L3/4
18	77	m	L2/3
19	67	w	L2/3
20	56	m	L2/3
22 +	67	w	L2/3
24	79	m	L2/3
25 +	86	m	L2/3
26	72	m	L2/3
27	75	m	L2/3
28	66	m	L2/3
29	74	w	L2/3
30 +	68	w	L2/3
31	77	m	L2/3
32	60	w	L2/3
33	50	w	L2/3
34	60	m	L2/3

$\bar{x}$: 65.15

+ bezeichnet Präparate mit nachweisbarer Diffusion

Tabelle 2: Dokumentation von Todesursache und Grundkrankheit aus dem Sektionsbericht

VsNr.	Todesursache	Grundkrankheit
7	HKV	Ileus +gallige Peritonitis
8	Apoplex	Hypertonie allg.Art.skl.
9	Hirnbltg.	chron.Glom.nephritis
10	HKV	Leukose
11 +	HKV	rezidiv. Endokarditis
12	HKV	Apoplex
13	Hirnbltg.	Hypertonie
14	HKV	Hypertonie Prostata Ca
15	Peritonitis	Hypernephrom
16	HKV	Leukose
17	HKV	Leukose
18	Hz.Inf.	Niereninsuff. Diab.mell.
19	HKV	Lebercirrhose
20	Hz.Inf.	Coronarsklerose
22 +	HKV	Pneumonie Diab.mell.
24	HKV	Pneumonie
25 +	HKV	Lungenembolie Venenthromb.
26	Hz.Inf.	Lymph.Adenose
27	HKV	Lungenembolie
28	HKV	Bronchus Ca
29	HKV	Mitralvit.Lebercirrh.
30 +	Hirnbltg.	Lungenembolie
31	HKV	Coronarthrombose
32	HKV	Pneumonie
33	HKV	chron.Niereninsuff.
34	Varizenbltg.	Lebercirrhose

Tabelle 3:

<u>VsNr.</u>	<u>Knochenveränderungen, die im Sektions- bericht erwähnt sind</u>
19	Spondylarthrosis deformans
22 +	Osteoporose der Wirbelkörper
24	Spondylarthrosis deformans Osteoporose
27	Spondylarthrosis deformans
31	Osteoporose der Wirbelkörper spond.def.

Das Intervall vom Zeitpunkt des Todes bis zum Beginn des Versuchs unterlag starken Schwankungen, besonders hinsichtlich der Zeit bis zur Durchführung der Sektion. In Tabelle 4 sind die Zeitintervalle zwischen Tod und Sektion, zwischen Sektion und Versuch sowie zwischen Tod und Versuch zusammengestellt.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Zeitspanne vom Tod
bis zum Versuchsbeginn

VsNr. Tod bis Sekt. Sekt. bis Vs. Tod bis Test

7	72 h	1 h	73 h
8	24	2	26
9	24	1	25
10	72	2	74
11 +	24	73	97
12	24	74	98
13	48	75	123
14	24	146	170
15	24	146	170
16	24	146	170
17	24	146	170
18	96	27	123
19	48	28	76
20	48	6	54
22 +	24	52	76
24	48	5	53
25 +	24	5	29
26	48	5	53
27	24	5	29
28	24	5	29
29	24	5	29
30 +	24	29	53
31	48	4	52
32	24	28	52
33	24	28	52
34	24	28	52
$\bar{x}$	36 h	41,2 h	77,23 h

+ bezeichnet Präparate mit nachweisbarer Diffusion

Die Zeit vom Todeseintritt bis zur Sektion betrug im Mittelwert 36 Stunden, wobei das kürzeste Intervall 24 Stunden, das längste Intervall 96 Stunden betrug. Der mittlere Zeitabstand von der Entnahme des Präparats bis zum Beginn des Experiments betrug 41,2 Stunden mit einem Minimum von 1 Stunde bis zum Maximum von 186 Stunden. Die Zeit zwischen Tod und Versuch lag im Mittelwert bei 77,23 Stunden. Der Minimalwert betrug 25 Stunden, der Maximalwert betrug 170 Stunden.

Mit Ausnahme der für die Sektion notwendigen Zeit lag die Umgebungstemperatur der Präparate bis zum Versuchsbeginn bei $+4^{\circ}\text{C}$.

2, 2 Durchführung der Diffusionsversuche

2,2,1 Herrichtung der Präparate

Das zu untersuchende Segment wurde in Form von zwei halben Wirbelkörpern mit der von ihnen eingeschlossenen Bandscheibe mittels einer Bandsäge aus dem Lendenwirbelsäulenpräparat herausgelöst. Zur Herstellung genormter Zylinder mußte die nachstehend beschriebene Vorrichtung konstruiert werden:

2,2,2 Technische Einzelheiten der Zylinderpräparation

Die Zylinder wurden mittels Stanze aus dem zu untersuchenden Segment herausgetrennt. Als Antrieb für die Stanze diente eine elektrische Bohrmaschine. Die Verbindung zwischen Stanze und Bohrmaschine schuf ein spezielles Werkstück aus VA-Stahl. Die

eine Seite des Verbindungsstückes paßte genau in die Stanze und war dort durch eine Steckachse befestigt. Die andere Seite diente als Kupplungswelle zum Bohrer. Dieses Werkstück hatte eine Gesamtlänge von 6,5 cm. Der Ansatzstiel zum Bohrer war 3,5 cm lang und hatte einen Durchmesser von 0,7 cm. Der Stanzenansatz war 3 cm lang. Davon ragten 2,5 cm in die Stanze hinein, 0,5 cm lagen der Stanze kappenartig auf.

Die Stanzung wurde ohne mechanische Führung aus dem Probesegment entnommen. Hierzu wurde das Präparat an seinen Dorn- und Querfortsätzen, parallel zur Schnittfläche, in einen normalen Schraubstock ohne starke Kompression eingespannt.

Mit Hilfe der von WAGNER angegebenen Knochenstanze (Firma Ulrich, Ulm) wurde ein Zylinder gewonnen, der die Wirbelkörperspongiosa, die Schlußplatte des Wirbelkörpers, die Bandscheibe und die entsprechenden Strukturen des nächsten Wirbels umfaßte. Der Durchmesser des Zylinders betrug 2,2 cm.

2,2,3 Die Diffusionsvorrichtung

Der Knochen-Bandscheibe-Knochenzylinder wurde in einen Polyäthylenschlauch mit genau passenden Innendurchmesser geschoben. Hierzu wurde ein Stempel aus Kunststoff von genau übereinstimmendem Ausmaß verwendet.

Dabei bestand das zu lösende Problem in der seitlichen Abdichtung.

Zur Abdichtung dienten zwei Schlauchklemmen von entsprechendem Durchmesser und entsprechender Bandbreite, die mit einem Schraubenzieher nicht zu fest angezogen wurden. Die Schlauchklemmen hatten die Aufgabe, kleinere Vertiefungen, die der Zahnkranz in die Schlußplatte gerissen hatte, abzudichten. Dennoch wurden sie nicht zu fest angelegt, weil zu befürchten war, daß schon degenerativ veränderte Endplatten einem starken Druck nicht standhalten würden. In einer Breite von 0,8 cm, dem Schlauch anliegend, wurden die Schlauchklemmen direkt über den beiden Endplatten des Segmentes befestigt.

Die untere Schnittfläche des Präparates grenzte an das untere Ende des Schlauches. Das obere Ende des Schlauches wurde durch eine Kunststoffkupplung mit einem weiteren 60 cm langen Schlauch verbunden. Dieser war so an einem Stativ befestigt, daß das andere Ende mit dem Gewebszylinder nach unten hing.

Das Präparat bildete somit den Boden eines Gefäßes in das die Diffusionsflüssigkeit eingefüllt werden konnte.

2,2,4 Die Diffusionslösung

Die Diffusionslösung bestand aus Ringerlösung mit einem Zusatz von 10 Vol.% Äthylalkohol. Diese Lösung wurde vor jedem Versuch frisch angesetzt und mit 2 ml einer 0,1%igen Evansblue-Lösung versetzt.

Zweck des Farbstoffes war, etwaige Lecks im System deutlich zu machen. Evansblue eignet sich hierfür besonders, da es weder große Affinität zum Gewebe des Nucleus und des Faserrings besitzt, noch eine gute Anfärbung der Endplatten bewerkstelligt. Wenn trotzdem Einfärbungen an einer der oben genannten Gewebsstrukturen auftraten, konnte dies nur durch direkten Kontakt mit der Diffusionslösung geschehen sein.

Ein weiterer Vorteil des Evansblue lag in seiner Fähigkeit begründet, schon in kleinster Konzentration eine intensive Blaufärbung der mit ihm in Verbindung stehenden Lösung hervorzurufen. Da die zu Beginn wasserklare Probelösung sich nach mehrstündigem Kontakt mit dem Präparat tief gelb bis orange verfärbt hatte, konnte man aus einem Farbumschlag in grün bis blau auf ein Leck im System schließen.

Die Verdunstung der Diffusionslösung wurde durch einen Cellophandeckel auf der oberen Öffnung des Schlauches verhindert.

Das Auffanggefäß am unteren Ende des Schlauches faßte 15 ml und wurde mit reiner Ringerlösung gefüllt. Die Schnittfläche des Präparates tauchte mit dem unteren Schlauchende wenige mm in den Flüssigkeitsspiegel des Auffanggefäßes ein.

Zwischen dem Rand des Auffanggefäßes und dem Schlauchende verblieb nur ein Spalt von einigen mm. Auch hier verhinderte ein Cellophandeckel die

Verdunstung der Lösung im Auffanggefäß.

2,2,5 Bestimmung der Alkoholkonzentration

Die Auswertung der Diffusionsversuche erfolgte am Institut für Rechtsmedizin der Universität Mainz (Direktor Prof. Dr. Leithoff). Die Untersuchungen wurden im Rahmen der täglichen Blutalkoholbestimmungen nach den am Institut üblichen Methoden durchgeführt. Verwendet wurde das Alkoholdehydrogenase (ADH) Verfahren nach BONNICHSEN und THEORELL (1951).

Die ADH katalysiert die Reaktion von Äthanol zu Acetaldehyd unter der Bildung von $\text{NADH} + \text{H}^+$. Der Konzentrationsanstieg dieses Koenzyms wird fotometrisch gemessen.

Hierdurch können Konzentrationen von Äthanol bis zu 0,02 mg/g gemessen werden. Die so ermittelten Diffusionsergebnisse wurden tabellarisch geordnet in mg/g Probelösung angegeben.

2,2,6 Dokumentation der Parameter

a) Diffusionsstrecke

Sie bezeichnet den Abstand der Spongiosa-Schlußplattengrenze des oberen Wirbels von der Spongiosa-Schlußplattengrenze des unteren Wirbels. Es konnten maximal 2 cm, minimal 0,6 cm und im Mittelwert 1,53 cm gemessen werden (Tab. 5).

Tabelle 5: Gegenüberstellung von Diffusionsstrecke,
Versuchstemperatur und hydrostatischem
Druck

VsNr.	Diff.Strecke	Temperatur	Hydrostat.Druck
7	1.5	19.5	44 cm
8	1.7	19.5	44
9	1.5	19.5	44
10	2.0	19.5	43
11 +	1.5	19.5	42
12	2.0	19.5	42
13	1.0	19.5	41
14	1.8	19.5	40
15	1.5	19.5	41
16	0.6	19.5	41
17	2.0	19.5	41
18	2.0	18.5	44
19	1.3	18.5	44
20	2.0	18.5	44
22 +	1.5	18.5	41
24	1.2	20.0	42
25 +	1.0	20.0	42
26	1.5	20.0	42
27	1.7	19.5	42
28	1.5	19.5	40
29	1.1	19.5	43
30 +	1.5	19.5	40
31	1.8	19.5	41
32	1.4	19.5	41
33	1.5	19.5	41
34	1.7	19.5	41
$\bar{X}$	1.53 Mittel		41.96

- b) Der hydrostatische Druck der Diffusionslösung
Um den Blutdruck am Ende der Arteriolen (30 -
39 mmHg entsprechend 39 - 50 cm Wassersäule)
zu simulieren, wurde für die Diffusionslösung
ein hydrostatischer Druck von 42 cm Wassersäule
gewählt.

Technisch ergaben sich Schwierigkeiten
bei der genauen Dimensionierung des hydro-
statischen Druckes. Die Versuchsdrucke
lagen bei maximal bis zu 44 cm Diffusions-
flüssigkeit und minimal bei 40 cm Diffu-
sionsflüssigkeit. Die Ursache für die un-
terschiedlichen Werte lag in der Art des
Einfüllens der Diffusionsflüssigkeit be-
gründet.

Die Diffusionsflüssigkeit wurde direkt
aus dem Gefäß, in dem sie angesetzt worden
war, durch einen Trichter in das Schlauch-
innere gegossen. Um keine Konzentrations-
schwankungen des Diffusionsstoffes in der
Probelösung zu verursachen, wurde hierfür
keine Pipette eingesetzt. Da das Gießgefäß
relativ groß war, ließ sich die jeweils
benötigte Menge an Diffusionslösung nicht
exakt abfüllen. Auf diese Weise kam es zu
den Schwankungen des Flüssigkeitsspiegels.
Um zu verhindern, daß bei Manipulationen
an der Lösung die Außenwand des Schlauches
benetzt wurde, wurde die einmal eingefüllte
Flüssigkeitsmenge nicht mehr verändert.

Der hydrostatische Druck lag maximal bei 44 cm Wasser-
säule, minimal bei 40 cm und im Mittelwert bei 41,6 cm
Wassersäule. (Tabelle 5)

c) Raumtemperatur (siehe Tab. 5)

Sie ist die Temperatur, die zu Beginn des Versuchs im Labor gemessen wurde. Sie betrug maximal 20°C, minimal 18,5°C.

d) Versuchsdauer

Sie schwankte zwischen maximal 23 Stunden und 15 Minuten und 21 Stunden 35 Minuten (Tabelle 6).

Tabelle 6: Dokumentation der Versuchsdauer

<u>VsNr.</u>	<u>Vs.-Dauer</u>	<u>VsNr.</u>	<u>Vs.-Dauer</u>
7	23 Std. 10 Min.	20	23 Std. 10 Min.
8	23 " 0 "	22	23 " 5 "
9	22 " 45 "	24	23 " 5 "
10	22 " 20 "	25	23 " 0 "
11	21 " 55 "	26	23 " 5 "
12	21 " 40 "	27	22 " 45 "
13	21 " 35 "	28	22 " 50 "
14	22 " 15 "	29	22 " 45 "
15	22 " 15 "	30	22 " 50 "
16	22 " 15 "	31	22 " 40 "
17	22 " 15 "	32	22 " 55 "
18	23 " 15 "	33	22 " 50 "
19	23 " 10 "	34	22 " 50 "

$$\bar{X} = 22 \text{ Std. } 42 \text{ Min.}$$

2, 3 Dokumentation der individuellen Verschiedenheiten des Bandscheibengewebes

Die nach Versuchsende dem PVC-Schlauch entnommenen Proben zeigten ein unterschiedliches Verhalten hin-

sichtlich der sich einstellenden

peripheren Protrusion.

Je nach seitlichem Überstand des Bandscheibengewebes erfolgte die Einordnung der Präparate.

- : bezeichnete Präparate ohne seitliche Vorwölbung
- +: bezeichnete Präparate bei denen die periphere Protrusion nicht mehr als 0,5 cm betrug.
- ++: bezeichnete Präparate mit einem größeren seitlichen Überstand als 0,5 cm.

Dokumentation der Bandscheibenstruktur:

Die dem Schlauch entnommenen Präparate zeigten häufig makroskopische Einrisse. Die Dokumentation erfolgte so:

- : Präparate ohne Einrisse
- +: Länge der Einrisse unter 0,5 cm
- ++: Länge der Einrisse über 0,5 cm, Kontinuität des Gewebes jedoch nicht unterbrochen
- +++: Bandscheibe völlig zerrissen.

2, 4 Röntgenuntersuchung der Knochenstruktur

Knochendichte und Struktur sollten semiquantitativ abgeschätzt werden. Dies war aus arbeitstechnischen Gründen mit Hilfe der Histomorphometrie nicht möglich. Es wurde daher eine Methode entwickelt, mit der sowohl die Knochendichte abgeschätzt als auch die Struktur aufgezeigt werden konnte. Hierzu wurde von den verwendeten Präparaten ein Röntgenbild angefertigt. Dieses Röntgenbild wurde auf fotografischem Wege vergrößert und bildete die Grundlage der Strukturanalyse.

2, 4, 1 Herrichtung der Präparate
Alle Präparate wurden im Winkel von 90° zur Endplatte mittels Bandsäge in jeweils 0,5 cm dicke Scheiben geschnitten. Von diesen wurde die dem Durchmesser entsprechende Scheibe zur Weiterverwendung ausgesucht.

2, 4, 2 Herstellung von Röntgenaufnahmen
Verwendet wurde ein Fingerfilm Typ Osray M3 der Firma Agfa Gevaert, Focusabstand 1,10 m, Belichtung 40 KV, 35 MAS. Das so gewonnene Röntgenbild wurde im Format 18/24 vergrößert.

2, 4, 3 Parameter der Auswertung
Beurteilt wurden die beiden knöchernen Wirbelkörperanteile. Die Zwischenwirbelscheibe entzog sich der röntgenologischen Beurteilung.

Einige Bandscheiben waren durch ihren Degenerationsgrad schon so verändert, daß der natürliche Halt zwischen ihnen und der Schlußplatte nicht mehr gewährleistet war. Andere hatte die Bandsäge bei der Zerlegung in Scheiben zerrissen. Verschiedentlich bestand eine derartige Quellung, daß eine völlig plane Auflage auf der Röntgenplatte nicht mehr gegeben war. Hier mußte die Bandscheibe mit dem Messer entfernt werden.

Zur Dokumentation der Knochenstruktur der Präparate wurden die einzelnen Röntgenbilder wie folgt beurteilt:

2, 4, 3, 1 Strukturbild der Spongiosa

Die Beurteilung erfolgte nach dem optischen Zusammenspiel der Längs- und Querbälkchen.

Einteilungsgruppen in abnehmender Dichte:

Dichtstehende, kleinovaläre, rarefizierte und großovaläre Knochenbälkchen.

Weiterhin wurde die Homogenität des Spongiosagewebes beurteilt. Als homogen wurde ein Gewebe bezeichnet, daß keine unterschiedliche Strahlendichte aufwies.

+: wurde für homogene Präparate

-: wurde für nicht homogene Präparate verwendet.

Nach der so ermittelten optischen Bälkchendichte und der Homogenität wurde das Präparat einem entsprechenden Strukturbild zugeordnet. Für das Wort Strukturbild wird im weiteren die Abkürzung SB verwendet.

SB O: wurden Präparate zugeordnet, die sowohl dichtstehende, als auch kleinovaläre Spongiosastrukturen zeigten. Das Spongiosagebe mußte im Röntgebild homogen erscheinen.

SB I: wurden Präparate zugeteilt, die sowohl kleinovaläre, als auch rarefizierte Spongiosastrukturen aufwiesen.

SB II: wurden Präparate zugeordnet, die sowohl rarefizierte, als auch großovaläre Spongiosastrukturen erkennen ließen.

Die Präparate der beiden letztgenannten SB konnten sowohl homogen als auch inhomogen sein.

2, 4, 3, 2 Die Beurteilung der Endplatten:

Beurteilt wurde nach folgenden Kriterien:

Homogenität: bezeichnete Endplatten, die keine unterschiedliche Strahlendurchlässigkeit aufwiesen.

+: bezeichnet homogene

-: bezeichnet inhomogene Endplatten

Kontinuität:

Durchlaufend: wurden Endplatten genannt, die keine Strukturunterbrechungen erkennen ließen.

+: bezeichnet durchlaufende

-: bezeichnet nicht durchlaufende Endplatten.

Doppelkonturen: wurden scharf abgrenzbar, parallel zur Endplatte verlaufende Gewebsverdichtungen genannt.

+: Doppelkonturen vorhanden

-: Doppelkonturen nicht vorhanden

2, 4, 3, 3 Zahl der Querbalkchen:

Die Bestimmung erfolgte in einem quadratischen Feld von 5 mm Kantenlänge auf der Röntgenaufnahme bzw. in einem Quadrat von entsprechender Kantenlänge in der photographischen Vergrößerung des Maßstabs 18/24

Die Standardisierung der Konstruktion des Meßfeldes wurde wie folgt durchgeführt:

von der Mitte der Endplatte ausgehend wurde nach beiden Seiten je ein Punkt im Abstand von 2,5 mm markiert. Von dort ausgehend wurde je ein Punkt im Abstand von 5 mm zur Markhöhle hin im Winkel von 90° zur Endplatte eingezeichnet. Die Verbindung dieser beiden

Punkte ergab die vierte Seite des Quadrates. Dieses Quadrat wurde genau im Maßstab der Vergrößerung in den photographischen Abzug eingezeichnet. In diesem Quadrat wurden die Längs- und Querbälkchen ausgezählt.

Nach Möglichkeit wurden so beide Bildhälften beurteilt. Aus der Zahl der Längs- und Querbälkchen beider Bildhälften wurde der Mittelwert bestimmt. Zur weiteren Beurteilung der Knochendichte wurde lediglich der Mittelwert der Querbälkchenzahl verwendet.

2, 4, 3, 4

Korrelation der Ergebnisse

Statistische Methoden konnten aufgrund der geringen Zahl der Präparate nicht angewandt werden.

Die Ergebnisse der Permeabilitätsuntersuchung und der Strukturanalyse des Spongiosaraumes wurden sowohl im Vergleich zueinander als auch im Vergleich zu den anderen Ergebnissen beurteilt.

ERGEBNISSE

Nachstehend werden zunächst die Einzelergebnisse der Diffusionsversuche, die Befunde für Quellneigung und Bandscheibenstruktur und die durch die Röntgenuntersuchung gewonnenen Daten der Knochenstruktur dargestellt. Es folgt die Korrelation der Einzelbefunde untereinander, wobei es sich im wesentlichen darum handelt, die Besonderheiten der 4 Präparate herauszufinden, bei denen eine nachweisbare Alkoholdiffusion stattgefunden hat.

3, 1 Einzelergebnisse

3, 1, 1 Diffusionsergebnisse (s.Tab. 7)

Die Diffusionsversuche führten in 4 von 26 Fällen zu einem Nachweis von Äthanol in der Probelösung. Es waren dies die Versuche: 11, 22, 25, 30. Die nachgewiesene Konzentration lag zweimal bei 0,02 mg/g (Versuch 11 und 22), einmal bei 0,03 mg/g (Versuch 30) und einmal bei 0,04 mg/g (Versuch 25). Die übrigen Versuche zeigten keine nachweisbare Äthanolkonzentration.

3, 1, 2 Periphere Protrusion: (s.Tab. 7)

4 Präparate zeigten keine periphere Protrusion. 18 Präparate ließen eine periphere Protrusion bis zu 0,5 cm erkennen. 4 Präparate hatten eine periphere Protrusion über 0,5 cm. Im Mittelwert hatten die Präparate eine periphere Protrusion bis zu 0,5 cm (+).

Tabelle 7: Zusammenstellung der Diffusionsergebnisse sowie der Beurteilung der Bandscheibenstruktur

VsNr.	Ergebn. in mg/g	Einr.	Periph.Prot.
7	--	-	-
8	--	++	+
9	--	+	+
10	--	+	+
11	0.02	+	+
12	--	+	+
13	--	+	+
14	--	++	+
15	--	+++	-
16	--	++	-
17	--	+	++
18	--	+	++
19	--	+	+
20	--	+	++
22 +	0.02	-	+
24	--	+	-
25 +	0.04	++	+
26	--	+	++
27	--	+	+
28	--	+	+
29	--	+	+
30 +	0.03	+	+
31	--	+	+
32	--	+	+
33	--	+	+
34	---	+	+

+ bezeichnet Präparate mit nachweisbarer Diffusion

3, 1, 3 Bandscheibenstruktur: (s.Tab. 7)

2 Präparate zeigten keine makroskopisch erkennbaren Einrisse (-). 19 Präparate zeigten Einrisse bis zu 0,5 cm (+). 4 Präparate hatten Einrisse über 0,5 cm (++) . 1 Präparat war völlig zerrissen (+++).

3, 1, 4 Strukturanalyse

a) Spongiosa-Strukturanalyse siehe Tabelle 8.

Tabelle 8: Spongiosastrukturanalyse

VsNr.	dicht ver- laufende Längs- und Querbälkchen	klein ovale	rare- fizierte Längs- Querbälk- chen	groß oval	homogen
7	-	+	+	-	-
8	-	+	+	-	+
9	+	+	-	-	+
10	-	+	+	-	+
11	-	+	+	-	+
12	+	+	-	-	+
13	-	-	+	+	+
14	-	+	+	-	+
15	-	+	+	-	+
16	-	-	+	+	-
17	-	+	+	-	+
18	-	+	+	-	-
19	-	+	+	-	-
20	+	+	-	-	+
22	-	-	+	+	+
24	-	+	+	-	+
25	-	-	+	+	-
26	-	-	+	+	+
27	-	-	+	+	+

Fortsetzung Tabelle 8:

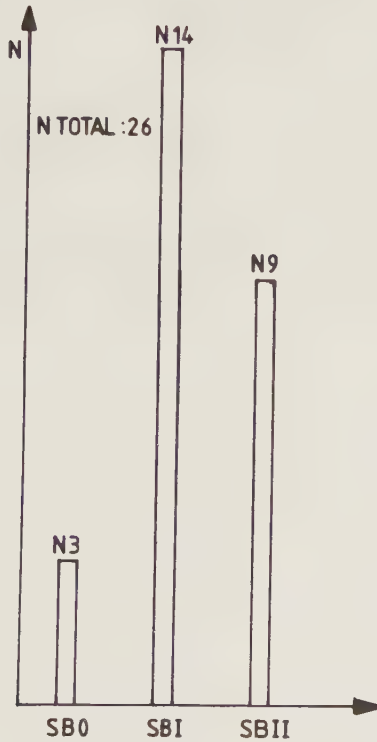
VsNr.	dicht ver- laufende Längs- und Querbälkchen	klein ovale	rare- fizierte Längs- Querbälk- chen	groß oval	homogen
28	-	+	+	-	+
29	-	-	+	+	-
30	-	-	+	+	+
31	-	-	+	+	+
32	-	+	+	-	+
33	-	+	+	-	+
34	-	+	+	-	+

Insgesamt konnten 3 Präparate dem Strukturbild O zugeordnet werden. Dem Strukturbild I entsprachen 14 Präparate. 9 Präparate konnten dem Strukturbild II zugeordnet werden.

Im Diagramm (Abb.4) ist die zahlenmäßige Verteilung der Präparate zu den entsprechenden Strukturbildern graphisch dargestellt.

Abbildung 4:

Häufigkeitsverteilung der Strukturbilder O, I, II



b) Endplattenstrukturanalyse siehe Tabelle 9.

Tabelle 9: Endplattenstrukturanalyse

VsNr.	Durchgeh.	Homogen	Doppelkontur
7	-	-	+
8	+	-	+
9	+	-	-
10	+	+	-
11	+	+	-
12	-	-	-
13	+	+	+
14	+	+	+
15	+	+	+
16	-	-	+
17	+	-	+
18	+	+	+
19	+	+	+
20	-	-	+
22	-	-	+
24	-	+	+
25	+	+	+
26	+	-	-
27	+	-	-
28	+	-	+
29	+	-	-
30	+	+	+
31	+	-	+
32	+	+	+
33	+	-	-
34	+	-	-

Es fanden sich:

als durchlaufend:	20 Endplatten
nicht durchlaufend:	6 Endplatten
homogen:	11 Endplatten
nicht homogen:	15 Endplatten
Doppelkonturen:	17 Endplatten
keine Doppelkonturen:	9 Endplatten

c) Bestimmung des Parameters der Knochendichte durch
Auszählung der Längs- und Querbälkchen: siehe
Tabelle 10.

Die Zahl der Längsbälkchen im Mittelwert: maximal 8, minimal 4, Mittelwert 6,1.

Die Zahl der Querbälkchen: maximal 6,5, minimal 0, Mittelwert 3,1

Tabelle 10: Zahl der Längs- und Querbälkchen

VsNr.	a	b	c	d	$\bar{X}$ ac	$\bar{X}$ bd
7	0	7	1	7	0.5	7
8	3	7	1	7	2	7
9	-	-	5	6	5	6
10	7	7	2	6	4.5	6
11	6	6	5	6	5.5	6
12	5	7	7	7	6	7
13	0	7	1	7	0.5	7
14	4	7	3	6	3.5	6.5
15	3	7	3	6	3	6.5
16	2	6	4	5	3	5.5
17	5	7	5	7	5	7
18	2	6	4	6	3	6
19	2	7	3	6	2.5	6.5
20	6	8	7	8	6.5	8
22	-	-	0	4	0	4
24	1	7	3	7	2	7
25	0	6	0	6	0	6
26	1	5	3	5	2	5
27	1	5	2	6	1.5	5.5
28	-	-	5	6	5	6
29	-	-	4	7	4	7
30	3	4	3	4	3	4
31	-	-	-	-	-	-
32	2	7	3	6	2.5	6.5
33	5	7	5	6	5	6.5
34	5	6	5	6	5	6
	$\bar{X}: 3$	$\bar{X}:$	$\bar{X}:$	$\bar{X}:$	$\bar{X}:$	$\bar{X}:$

a: Querbälkchen im obenliegenden Präparatanteil
b: Längsbälkchen " " " " " " "
c: Querbälkchen im untenliegenden Präparatanteil
d: Längsbälkchen " " " " " " "

3, 2 Beziehungen der Einzelergebnisse untereinander

Es werden mit den Diffusionsergebnissen beurteilt:

3, 2, 1 Alter und Geschlecht

Von den weiblichen Präparaten wiesen 3 einen Durchtritt des Diffusionsstoffes auf.

Bei den männlichen Proben zeigte sich in 1 Fall ein positives Ergebnis. Die positiven weiblichen Präparate lagen in der Altersgruppe der 60 - 69-jährigen, das positive männliche Präparat befand sich in der Gruppe der 80 - 89jährigen.

3, 2, 2 Todesursache und Grunderkrankung

Die positiven Präparate zeigten als Todesursache dreimal ein Herz-Kreislaufversagen und einmal eine Hirnblutung.

Die Grunderkrankung war in einem Fall eine rezidivierende Endokarditis. Einmal eine Pneumonie bei bestehendem Diabetes mellitus und zweimal eine Lungenembolie.

3, 2, 3 Pathologisch-anatomische Knochenveränderungen laut Sektionsbericht

Von den 26 hier verwendeten Präparaten wurden 5 in Bezug auf Knochenveränderungen im Sektionsbericht erwähnt. Zu diesen 5 Präparaten gehörte 1 positives (Versuch 22), bei dem eine Osteoporose der Wirbelkörper nachgewiesen wurde.

3, 2, 4 Zeitintervall zwischen Tod und Sektion,
Zeitintervall zwischen Sektion und Versuchsbeginn, Versuchsdauer

Die Lagerungszeit der Leichen zwischen Tod und Sektion betrug maximal 72 Stunden, minimal 24 Stunden. Die positiven Tests hatten durchweg 24 Stunden gelagert. Die Zeit von Sektion bis zu Versuchsbeginn differierte zwischen maximal 146 Stunden und minimal 1 Stunde. Die positiven Präparate hatten jeweils 73, 52, 29 und 5 Stunden gelagert.

Die Versuchsdauer schwankte zwischen maximal 23 Stunden 15 Minuten und minimal 21 Stunden 35 Minuten. Die 4 positiven Tests dauerten 21 Stunden 55 Minuten, 23 Stunden 5 Minuten, 23 Stunden und 22 Stunden 50 Minuten.

3, 2, 5 Diffusionsstrecke, Temperatur, Segmentlokalisation und Permeabilität

Die Diffusionsstrecke lag zwischen maximal 2 cm und minimal 0,6 cm. Die positiven Präparate zeigten eine Diffusionsstrecke von dreimal 1,5 cm und einmal 1 cm.

Die Versuchstemperaturen lagen zwischen 20°C und 18,5°C. Positive Versuche wurden sowohl bei 18,5°C, bei 19,5°C und bei 20,0°C durchgeführt.

23 Präparate entstammten dem Bewegungssegment L2/3 und 3 Segmente entstammten L3/4. Die positiven Tests wurden alle an den Präparaten L2/3 durchgeführt.

3, 2, 6 Periphere Protrusion und Permeabilität

Die Präparate mit nachweisbarer Diffusion hatten eine periphere Protrusion bis zu 0,5 cm (+).

3, 2, 7 Bandscheibenstruktur und Permeabilität

Bei den positiven Präparaten zeigte 1 Bandscheibe keine Einrisse (-), 2 hatten Einrisse bis zu 0,5 cm (+) und 1 war um mehr als 0,5 cm eingerissen (++).

3, 2, 8 Strukturbild und Permeabilität

Aufgrund der Spongiosa-Strukturanalyse konnten die positiven Präparate folgendem Strukturbild zugeordnet werden:

Strukturbild I: 1 Versuch (Versuch 11)

Strukturbild II: 3 Versuche (Versuch 22, 25, 30)

3, 2, 9 Endplattenstrukturanalyse und Permeabilität

An den positiven Präparaten zeigte sich die Endplatte:

durchlaufend: 3

nicht durchlaufend: 1

homogen: 3

nicht homogen: 1

Doppelkonturen: 3

keine Doppelkonturen: 1

3, 2, 10 Zahl der Querbälkchen und Permeabilität

Von den positiven Präparaten hatten:

2 Präparate: 0 Querbälkchen

1 Präparat: 1 Querbälkchen

1 Präparat: 5,5 Querbälkchen

Die niedrigste Äthanolkonzentration wurde bei 5,5 Querbälkchen gefunden. Die höchste Äthanolkonzentration lag bei 0 Querbälkchen vor (siehe Diagramm D5).

In der graphischen Darstellung der Äthanolkonzentration der Probelösung zur Zahl der Querbälkchen

bei den positiven Präparaten finden sich in der Gruppe mit 0 Querbälkchen 2 positive Versuche mit je 0,02 bzw. 0,04 mg/g, bei 3 Querbälkchen 1 Präparat mit 0,03 mg/g und bei 5,5 Querbälkchen 1 Versuch mit 0,02 mg Äthanol/g Probelösung.

3, 2, 11 Diffusionsstrecke und Permeabilität

Die positiven Präparate zeigten: dreimal 1,5 cm Diffusionsstrecke (Versuch 11, 22, 30), einmal 1 cm Diffusionsstrecke (Versuch 25). Der Versuch mit der höchsten Äthanolkonzentration hatte die kürzeste Diffusionsstrecke (Versuch 25).

3, 2, 12 Hydrostatischer Druck und Permeabilität

Die positiven Diffusionsversuche wurden bei einem hydrostatischen Druck von

40 cm Wassersäule: 1 Versuch (Versuch 30)

41 cm Wassersäule: 1 Versuch (Versuch 22)

42 cm Wassersäule: 2 Versuche (Versuch 11, 25)

3, 3 Die Beziehung von Strukturbild (SB) und:

3, 3, 1 Altersverteilung

siehe graphische Darstellung Abb. 5 - 7

Abbildung 5:

Häufigkeitsverteilung der Präparate des SB O

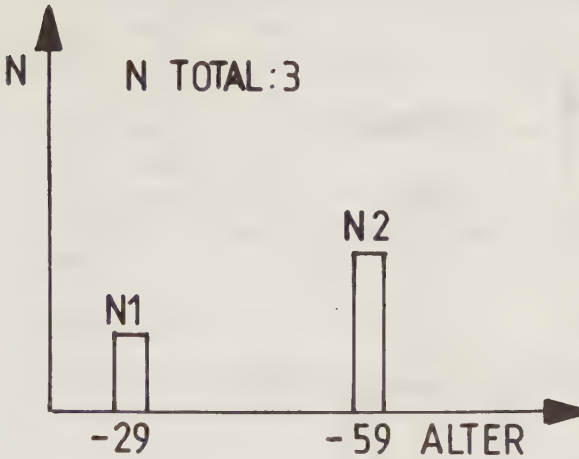


Abbildung 6:

Häufigkeitsverteilung der Präparate des SB I

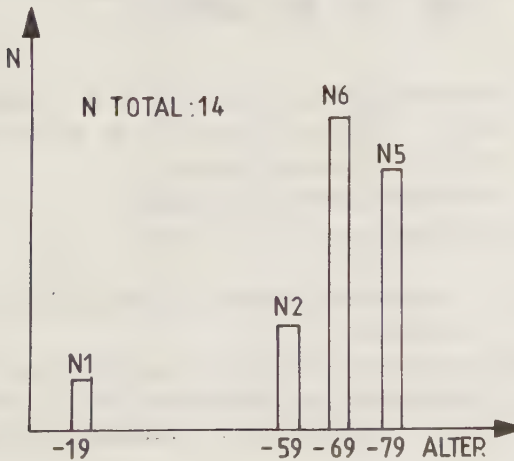
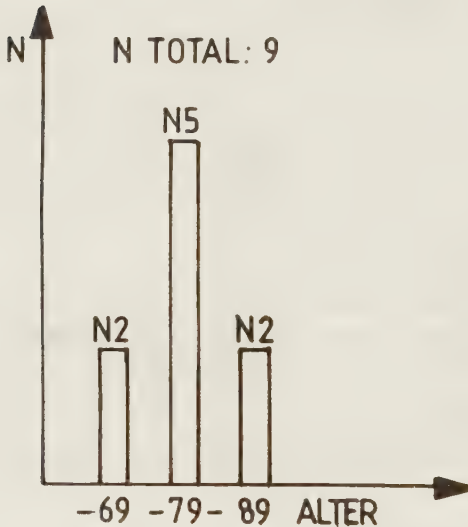


Abbildung 7:

Häufigkeitsverteilung der Präparate mit SB II



SB 1: Altersmittelwert 46 Jahre. Es ist zu beachten, daß nur 3 Präparate in dieses Strukturbild eingeordnet wurden.

SB I: Altersmittelwert 62,6 Jahre

SB II: Altersmittelwert 75,5 Jahre

3, 3, 2 peripherer Protrusion sowie Bandscheibenstruktur:

Die verschiedenen Grade der peripheren Protrusion und der Bandscheibenstrukturveränderung finden sich in allen drei Strukturbildern gleichmäßig verteilt.

3, 3, 3 SB - Diffusionsstrecke:

Die Diffusionsstrecke betrug bei:

SB 0: maximal 2,0 cm, minimal 1,5 cm, im Mittelwert 1,8 cm

SB I: maximal 2,0 cm, minimal 1,2 cm, im Mittelwert 1,6 cm

SB II: maximal 1,8 cm, minimal 0,6 cm, im Mittelwert 1,3 cm.

Die Zunahme des Strukturbildes ging mit einer Abnahme der Diffusionsstrecke einher (s.Tab. 11 und Abb. 8).

Abbildung 8:

Diffusionsstreckenmittelwerte bei den Präparaten mit SB 0, SB I, SB II

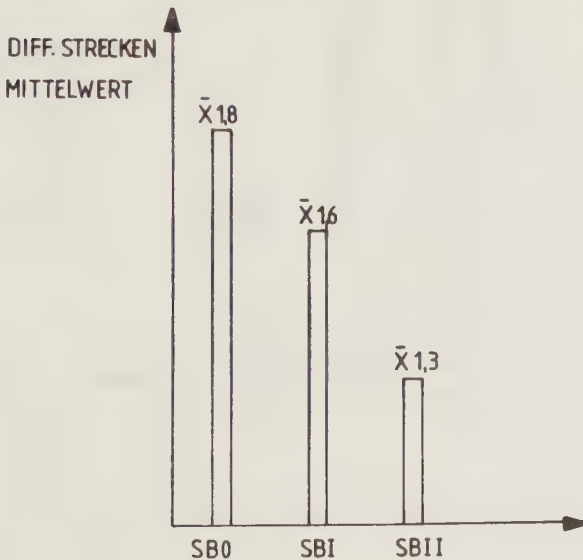


Abbildung 9:

Mittlere Querbalkchenzahl der Präparate mit SB 0,
SB I, SB II

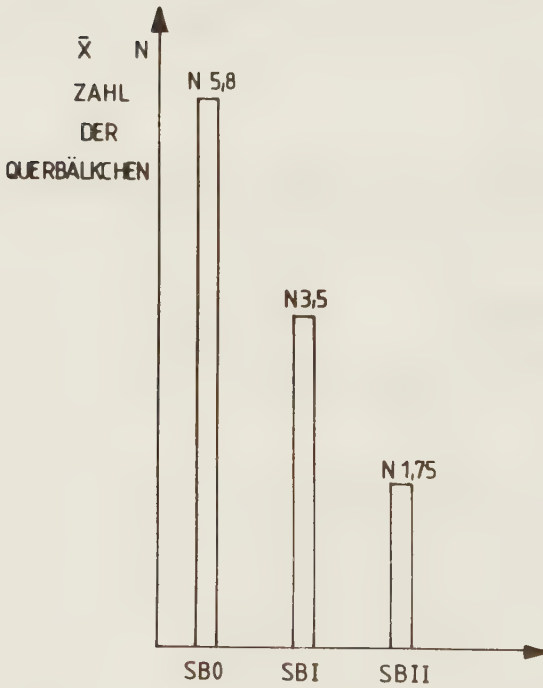


Tabelle 11: Gegenüberstellung von SB und Diffusionsstrecke

Vs.Nr.	Sb	Diff.strecke	
9	0	1.5	
12	0	2.0	
20	0	2.0	$\bar{X} = 1.8$
7	1	1.5	
8	1	1.7	
10	1	2.0	
11	1	1.5	
14	1	1.8	
15	1	1.5	
17	1	2.0	
18	1	2.0	
19	1	1.3	
24	1	1.2	
28	1	1.5	
32	1	1.4	
33	1	1.5	
34	1	1.7	$\bar{X} = 1.6$
13	2	1.0	
16	2	0.6	
22	2	1.5	
25	2	1.0	
26	2	1.5	
27	2	1.7	
29	2	1.1	
30	2	1.5	
31	2	1.8	$\bar{X} = 1.3$

3, 3, 4 Endplattenstrukturanalyse

Die Ergebnisse der Endplattenstrukturanalyse lassen keinen Zusammenhang mit dem Strukturbild des betreffenden Präparats erkennen. (s.Tab.17).

In allen drei Gruppen der Strukturbilder finden sich durchlaufende und nicht durchlaufende, homogene und nichthomogene und doppelkonturierte bzw. nicht doppelkonturierte Endplatten.

3, 3, 5 Querbälkchenzahl (s. graphische Darstellung Abb. 9 und Tabelle 13).

Die Zahl der Querbälkchen im Mittelwert betrug bei
SB O: maximal 6,5, minimal 5,0,
im Mittelwert 5,8 Querbälkchen
SB I: maximal 5,5, minimal 0,5,
im Mittelwert 3,5 Querbälkchen
SB II: maximal 4,0, minimal 0,5,
im Mittelwert 1,75 Querbälkchen

Erwartungsgemäß geht aus der graphischen Darstellung die Abnahme der Querbälkchenzahl bei Zunahme des Zahlenwerts des Strukturbildes hervor.

Bezogen auf die positiven Versuche liegt Versuch 11 mit Strukturbild I im oberen Grenzbereich seiner Gruppe mit einer Querbälkchenzahl von 5,5. Im SB II zeigen die Versuche 22 und 25 keine erkennbaren Querbälkchen und liegen damit im unteren Grenzbereich ihrer Gruppe. Versuch 30 mit SB II weist 3 Querbälkchen auf und liegt damit im oberen Zahlenbereich seiner Gruppe.

Tabelle 12: Gegenüberstellung von SB und Endplattenstrukturanalyse

SB O:

VsNr.	DG	HO	DK	
9	+	-	-	DG: +: 1 -: 2
12	-	-	-	HO: +: 0 -: 3
20	-	-	+	DK: +: 1 -: 2

SB I:

7	-	-	+	DG: +:12 -: 2
8	+	-	+	HO: +: 8 -: 6
10	+	+	-	DK: +:10 -: 4
11	+	+	-	
14	+	+	+	DG = durchlaufend aufgebaute Endplatten
15	+	+	+	
17	+	-	+	HO = homogen aufgebaute Endplatten
18	+	+	+	
19	+	+	+	DK = doppelkonturierte Endplatten
24	-	+	+	
28	+	-	+	+ bezeichnet durchgehend, bzw. homogen aufgebaute, bzw. doppelkonturierte Endplatten
32	+	+	+	
33	+	-	-	
34	+	-	-	

SB II:

13	+	+	+	DG: +: 7 -: 2
16	-	-	+	HO: +: 6 -: 3
22	-	-	+	DK: +: 6 -: 3
25	+	+	+	
26	+	-	-	
27	+	-	-	
29	+	-	-	
30	+	+	+	
31	+	-	+	

Tabelle 13:

3, 3, 5 Gegenüberstellung von Strukturbild und
Zahl der Querbälkchen (Qubz)

<u>VsNr.</u>	<u>SB</u>	<u>Qubz</u>	<u>VsNr.</u>	<u>SB</u>	<u>Qubz</u>
9	0	5	32	1	2,5
12	0	6	33	1	5
20	0	6,5	34	1	5
	0	$\bar{x}$ 5,8		1	$\bar{x}$ 3,4
7	1	0,5	13	2	0,5
8	1	2	16	2	3
10	1	4,5	22	2	0
11	1	5,5	25	2	0
14	1	3,5	26	2	2
15	1	3,0	27	2	1,5
17	1	5	29	2	4
18	1	3	30	2	3
19	1	2,5	31	2	-
24	1	2			$\bar{x}$ 1,75
28	1	5			

SB 0 zeigt die höchsten Querbälkchenzahlen

Die Zahl der Querbälkchen bei SB I ist niedriger
als bei SB 0.

SB II hat die niedrigsten Querbälkchenzahlen.

4. DISKUSSION

Abweichend von den Erwartungen fand sich nur in 4 Fällen ein positives Ergebnis der Diffusionsversuche. Aufgrund der einleitend zitierten Resultate von MAROUDAS et al. (1975) mußte damit gerechnet werden, daß die Testsubstanz häufiger und in größerer Menge die Schichten des Präparates durchdringt. Es erhebt sich deshalb die Frage, welche Gründe für die unterschiedlichen Befunde vorliegen. Zu erörtern ist die Wahl der Lösungssubstanz, die Versuchsanordnung und einige andere Parameter. Weiterhin sind eventuelle Besonderheiten der 4 positiven Präparate aufzuzeigen.

4, 1 Die Lösungssubstanz

Die Wahl einer alkoholischen Lösung für diese Untersuchung der Diffusibilität der Wirbelbandschenverbindung ist gut zu begründen: Hierbei darf zunächst auf die Vorversuche verwiesen werden, bei denen sich die verschiedensten Farbstoffe als ungeeignet erwiesen hatten.

4, 1, 1 Farbstoffe:

Es wurden verwendet: Fastgreen, Methylenblau, Fastblue salt B, Janusgrün, Patentblau V, Chrysoidin, Evans Blue, Carminium und Eosin. Die Wirbelkörperdiscuspräparate wurden für 24 Stunden in einer Farbstoff-Ringerlösung bei Raumtemperatur gelagert. Gemessen wurde sodann die Eindringtiefe der Diffusionssubstanz durch die Knorpelknochengrenze und durch den Anulus fibrosus. Die Knorpelknochengrenze

konnte in dieser Versuchsanordnung von keiner Testsubstanz durchdrungen werden. Die maximale Eindringtiefe durch den Anulus fibrosus betrug 3 mm. Das ungünstigste Diffusionsverhalten zeigte Evans Blue weshalb wir es als Indikator für ein evtl. Leck des Versuchsaufbaus verwendeten.

4, 1, 2 Die alkoholische Lösung

Für die Verwendung von Äthylalkohol sprach vor allem das niedrige Molgewicht und die niedrige Molekülgröße. Die o.g. Farbstoffe bestehen chemisch zumeist aus mehreren Kohlenwasserstoffringen, während der Äthylalkohol nur aus einem C₂-Körper besteht. Zudem war eine gute Löslichkeit des Äthanols aufgrund seiner sowohl polaren als auch apolaren Moleküleenden in den entsprechenden Kompartimenten zu erwarten.

Ein wesentlicher Punkt ist hierbei auch die Unbeeinflussbarkeit durch den evtl. noch vorhandenen Zellstoffwechsel. Eine Metabolisierung des Äthanols von den Zellen des Stützgewebes kann weitgehend ausgeschlossen werden. Im Gegensatz zu den von anderen Autoren verwendeten Glukoselösungen sind bei den eigenen Untersuchungen Verluste durch Verbrauch im Eigenstoffwechsel nicht in Rechnung zu stellen, zumal eine 10%ige Äthanollösung hochgradig zelltoxisch ist.

Außerdem war zu erwarten, daß infolge der Lagerungszeit vom Tod bis zum Versuchsbeginn (minimal 25 Stunden) mit einer nennenswerten Zahl von überlebenden Zellen des Stützgewebes nicht mehr zu rechnen war.

In Kauf genommen werden mußte der eiweißdenaturierende Effekt einer alkoholischen Lösung. Dennoch war nicht zu erwarten, daß die zu passierenden Gewebe derart denaturiert würden, daß eine vorher vorhandene Permeabilität unterbunden würde.

4, 1, 2 Die Technik des Alkoholnachweises erfordert eine Mindestkonzentration im Sekundärgefäß von 0,02 mg Äthanol/g Probelösung. In 4 Fällen wurde eine Konzentration von jeweils 0,02, 0,03 und 0,04 mg/g gemessen.

In diesem Zusammenhang hat man zu überlegen, ob sich bei einer Verfeinerung der Meßtechnik unterhalb der jetzigen Nachweisgrenze nicht doch deutliche Differenzierungen von Fall zu Fall abgezeichnet hätten. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen mußte jedoch jeder Wert unter 0,02 mg/g für alle 26 Präparate als 0 registriert werden.

Dies hat den Nachteil, daß nur diese 4 Präparate ein positives Ergebnis aufwiesen. Die geringe Zahl läßt selbstverständlich eine Korrelation nach üblicher statistischer Methode nicht zu.

4, 2 Die Versuchsanordnung

4, 2, 1 Versuchsdauer und Lagerungszeit entsprachen den Versuchsbeschreibungen der vergleichbaren Untersuchungen durch MAROUDAS et al. (1975) und NACHEMSON et al. (1970).

Wir begrenzten die Versuchsdauer auf 24 Stunden, um vor allem eine mikrobielle Strukturveränderung der untersuchten Präparate auszuschließen. Zumal innerhalb von 24 Stunden eine meßbare Diffusion statt-

finden sollte, falls physiologischerweise ein Substratdurchfluß durch die entsprechenden Strukturen stattfindet.

4, 2, 2 : Diffusionsfläche

Die Diffusionsfläche in der hier beschriebenen Versuchsanordnung beträgt $37,9 \text{ mm}^2$ und ist damit der Diffusionsfläche von 35 mm^2 in der Versuchsanordnung von NACHEMSON und MAROUDAS vergleichbar.

4, 2, 3 Die untersuchten Präparationen unterscheiden sich von denen der anderen Autoren in folgenden Punkten:

4, 2, 3, 1 Die Diffusionsstrecke

Im Gegensatz zu MAROUDAS et al. (1975), deren Diffusionspräparate eine Diffusionsstrecke von 3 - 4 mm aufzeigten, und die nur aus dem knorpeligen Anteil der Knorpelknochengrenze bestanden, verwendeten wir Präparate, deren Diffusionsstrecke zwischen 1 und 2 cm lag. Unsere Präparate bestanden zusätzlich aus dem knöchernen Anteil der Knorpelknochengrenze. Hier könnte ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse liegen, verhält sich doch die diffundierte Stoffmenge umgekehrt proportional zur Diffusionsstrecke.

4, 2, 3, 2 Die Dreischichtung

Bei den hier beschriebenen Versuchen wurden Wirbelsäulenzylinder untersucht, die aus Teilen der Grundplatte, zugehörigem Discus und angrenzender Deckplatte bestanden (Sandwich) Der Diffusionsstoff mußte hierbei zweimal die Knorpelknochengrenze als eigentliches Diffusionshindernis durch-

dringen. In den Untersuchungen von MAROUDAS und NACHEMSON wurden jeweils nur Präparate einer Discus-Wirbelkörpergrenze verwendet. Auch dies könnte eine Ursache für die unterschiedlichen Befunde sein.

4, 3 Besonderheiten der Präparate mit nachweisbarer Diffusion

Hierzu ist festzustellen, daß übliche statistische Methoden hier nicht angewandt werden können, da die Zahl der Präparate mit nachweisbarer Diffusion klein ist.

Was unterscheidet nun diese 4 Präparate mit nachweisbarer Alkoholdiffusion von den anderen? Um Gründe für die Durchlässigkeit gerade dieser Präparationen zu finden, sind folgende Parameter aus dem Ergebnisteil zu vergleichen:

4, 3, 1 Die periphere Protrusion

Diese Untersuchung war wichtig, um Hinweise für den Einfluß des Quellungsdruckes auf die Diffusion zu erhalten. Die periphere Protrusion war sowohl bei den positiven Präparaten untereinander als auch zum Mittelwert der Gesamtpräparate gleich. Es läßt sich also diesbezüglich aus dem Ergebnis keine Aussage treffen. Dies könnte dadurch hervorgerufen sein, daß die Bestimmungsmethoden zu grob gewählt wurden. Hier müßten sicherlich die Unterscheidungsgrade in der Beurteilung feiner abgestuft werden (es gab nur drei Einteilungsgrade: 0 cm - 0,5 cm - über 0,5 cm periphere Protrusion).

4, 3, 2 Kontinuitätsunterbrechungen der Bandscheibe

Die makroskopisch erkennbaren Kontinuitätsunterbre-

chungen der Bandscheibe lagen zwischen - und ++. Die positiven Versuche zeigten alle Einrisse bis zu 0,5 cm Länge. Nur Präparat 22 ließ keine Kontinuitätsunterbrechung erkennen. Da Versuch 22 im Vergleich zu den anderen positiven Versuchen des gleichen Strukturbildes eine geringere Diffusion erkennen ließ, könnte hier die Erklärung dafür liegen. Durch die Spaltbildung in den anderen Präparaten könnte eine Erleichterung der Diffusion eingetreten sein, während bei Versuch 22 durch das unveränderte Discusgewebe der Durchtritt für die Testsubstanz nur erschwert möglich war. Im Vergleich zwischen dem Nachweis von Einrissen und dem Strukturbild finden sich keine Häufungen bei den positiven Präparaten mit Strukturbild II. Dies kann auch nicht erwartet werden, weil von der Beurteilungsmethode her nicht die Bandscheibe auf Konsistenz, Farbe und Struktur untersucht wurde, sondern nur auf reine Kontinuitätsunterbrechungen, die evtl. auch arbeitstechnisch verursacht sein könnten. Im Vordergrund unserer Untersuchungen stand hier die Frage, ob die Ergebnisse evtl. durch Einrisse verändert werden würden, ohne dabei zu beachten, wodurch sie bedingt waren (degenerativ oder arbeitstechnisch).

Der zumeist parallel zur Endplatte und zur Drehrichtung der Stanze verlaufende Einriß macht aber die arbeitstechnische Verursachung wahrscheinlich.

Durch die geringe Zahl der positiven Versuche ist die Beantwortung dieser Fragestellung natürlich erschwert.

4, 3, 3 Strukturanalyse der Präparate nach dem Diffusionsversuch

Die Strukturanalyse erfolgte nach 3 Gesichtspunkten: Zum einen optisch nach dem Gesamtbild der Endplatte, zum anderen nach der Morphologie der Spongiosastruktur und zum dritten nach der Bälkchenzahl als morphologischem Äquivalent zur Strukturdicke bzw. zur Osteoporose.

4, 3, 3, 1 Die Beurteilung der Endplatten

Die Beurteilung der Endplatten war in dieser Untersuchung wichtig, da in vorhergehenden Veröffentlichungen bindegewebige, bzw. gefäßhaltige Berührungen zwischen Markraum und knorpeliger Endplatte ohne Zwischenschaltung der knöchernen Endplatte beschrieben waren NACHEMSON (1970), MAROUDAS et al. (1975). Diese Verbindungen konnten in unseren röntgenographischen Bildern nicht nachgewiesen werden. Dies konnte auch nicht erwartet werden, da es sich um nur mikroskopisch nachweisbare Verbindungen handeln soll. Hier ist anzumerken, daß unsere Bilder nur einen etwa 2 cm langen und 5 mm breiten Ausschnitt des Präparats zeigen. Darstellungen des übrigen Gewebes wurden nicht durchgeführt. Das Fehlen des röntgenologischen Nachweises ist kein Zeichen für ein Nichtvorhandensein dieser Verbindungen im Gesamtpräparat. 6 der untersuchten Präparate zeigten nichtdurchlaufende Strukturen. Von den positiven Präparaten fand sich nur bei Versuch 22 eine Strukturunterbrechung. Hierzu sei angemerkt, daß diese auch durch die Eigenart der Bearbeitung bedingt sein kann, da in diesem Bereich die Entfernung zur Spongiaschnittfläche sehr gering war und somit bei der Zerlegung zur Röntgenuntersuchung mittels

Bandsäge hier eine Verletzung des Knochengewebes stattgefunden haben könnte.

In 15 Fällen war der Aufbau der Endplatte nicht homogen. Hierunter findet sich auch der positive Versuch 22. Das Ergebnis läßt keinen Einfluß einer Endplatte, die als nichthomogen bezeichnet wurde, auf die Diffusionsrate erkennen.

4, 3, 3, 2 Die Spongiosastrukturanalyse
Die Zuordnung zu einem Strukturbild zeigt beim Vergleich aller Präparate eine Häufung des Strukturbildes I von 14 Fällen gegenüber dem Strukturbild II mit 9 Fällen und Strukturbild O mit 3 Fällen. Die 4 positiven Präparate lagen einmal in der Gruppe des Strukturbildes I und dreimal in der Gruppe mit Strukturbild II. Das heißt: Die Präparate mit nachweisbarer Äthanoldiffusion hatten eine gegenüber dem Gesamtkrankengut schon optisch zu ermittelnde Minderung ihrer Spongiosastrukturdichte.

4, 3, 3, 3 Zahl der Querbälkchen
Von der Osteoporose ist bekannt, daß sie sehr schnell zur Rarefizierung der Querbälkchen in der Spongiosa und nach einem Stadium der Längsbälkchenhypertrophie auch zur Abnahme der Zahl der Längsbälkchen führt.

Es schien uns somit möglich, aus der Zahl der Querbälkchen auf die Strukturdichte der Wirbelkörperspongiosa zu schließen. Ein Vergleich von Strukturbild der Spongiosa und der Zahl der Querbälkchen zeigt eine Übereinstimmung der Ergebnisse. Die Abnahme der Zahl der Querbälkchen ging parallel mit den Strukturveränderungen im Gesamtbild. So fand sich

bei den Präparaten mit SB O im Mittelwert 5,8 Querbälkchen, bei den Präparaten mit SB I 3,1 Querbälkchen und bei den Präparaten mit SB II 1,75 Querbälkchen.

Der Vorteil dieser Beurteilung nach zwei Gesichtspunkten lag darin, daß einmal durch Ermittlung des optischen Gesamtbildes Veränderungen beschrieben werden konnten, die sich in der Bälkchenzahl nicht ausdrückten (z.B. herdförmige Knochenrarefizierungen und lokale Bälkchenansammlungen). Der Vorteil des zweiten Gesichtspunktes lag darin, einen zahlenmäßig faßbaren Parameter zu liefern, der mit dem Diffusionsergebnis ins Verhältnis gesetzt werden konnte. Durch Ermittlung der Zahl der Querbälkchen des Einzelversuches läßt sich ein besserer Vergleich zum Diffusionsergebnis herstellen.

Stellt man nun den Mittelwert der Querbälkchenzahl der positiven Versuche neben den Mittelwert der Zahl der Querbälkchen des entsprechenden Strukturbildes so finden sich im Strukturbild I für den Versuch 11 eine höhere Zahl der Querbälkchen mit 5,5 gegenüber einem Mittelwert von 3,1 des betreffenden Strukturbildes. Bei Strukturbild II stehen sich ein Mittelwert von 1,75 Querbälkchen im Kollektiv und ein Mittelwert der Querbälkchenzahl von 1 bei der nachweisbaren Diffusion gegenüber. 2 Versuche zeigten hier eine höhere und 2 Versuche zeigten eine gegenüber dem Mittelwert des jeweiligen Strukturbildes erniedrigte Zahl der Querbälkchen auf. In diesem Zusammenhang ist es nun notwendig, die Einzelergebnisse der Präparate mit nachweisbarer Äthanoldiffusion zu vergleichen. Aus diesen Er-

gebissen wird deutlich, daß das Präparat mit SB I und einer Zahl der Querbälkchen, die über dem Mittelwert der Zahl der Querbälkchen des betreffenden Strukturbildes lag, die niedrigste messbare Diffusionsrate aufwies. Die Präparate des SB II zeigen eine gleiche bzw. höhere Diffusionsrate verglichen mit dem positiven Versuch (Nr. 11) des SB I. Hierbei hatte der Versuch mit der geringsten Zahl der Querbälkchen die höchste Äthanolkonzentration in der Probelösung. Das Präparat mit 3,0 Querbälkchen wies eine etwas niedrigere Konzentration auf. Daran wird deutlich, daß das Präparat mit der niedrigsten Konzentration die höchste Zahl der Querbälkchen hatte.

Nicht zu diesem Ergebnis will Versuch 22 passen. Hier wurde bei einer Zahl der Querbälkchen von 0 eine Äthanolkonzentration von nur 0,02 mg/g gefunden. Vergleicht man nun bei Versuch 22 das optische Gesamtbild mit der Zahl der Querbälkchen, so fällt auf, daß hier nur eine der beiden Bildhälften des Röntgenbildes verwertbar ist.

Aus präparatorischen Gründen war die Distanz von Endplatte zur Spongiosaschnittfläche nur sehr klein gewählt worden, so daß diese Bildhälfte nicht zur Bestimmung der Zahl der Querbälkchen herangezogen werden konnte. Die beurteilbare Bildhälfte zeigt nun, daß sich genau im auszuwertenden Quadrat eine ausgesprochene Bälkchenrarefizierung findet. In unmittelbarer Nachbarschaft dieses Quadrates sind zumindest 2 Querbälkchen zu sehen. Die Struktur in dem nicht beurteilten Abschnitt erscheint deutlich dichter als im beurteilten Abschnitt. Besonders im Vergleich mit Versuch 25, bei dem ebenfalls nur 0 Quer-

bälkchen entdeckt werden konnten, wird deutlich, daß bei Versuch 22 herdförmige Veränderungen der Strukturdichte vorliegen, während bei Versuch 25 das gesamte Präparat keine Querbälkchen aufweist. Hierdurch könnte die geringere Diffusionsrate bei Versuch 22 erklärbar sein.

Dieser Befund könnte auf einen Zusammenhang zwischen Bälkchendichte als Parameter für die Strukturdichte des Knochens und der Permeabilität durch die knöcherne Endplatte hinweisen. Die geringe Zahl der Versuche mit nachweisbarer Diffusion läßt jedoch keine eindeutige Aussage zu, zumal durch Versuch 22 deutlich wird, wie sehr man bei diesem kleinen Kollektiv von Zufallsbefunden abhängig ist.

4, 3, 4 Alter und Geschlecht

Die geringe Zahl der Versuche mit messbarer Diffusion läßt diesbezüglich keine Aussage zu.

4, 3, 5 Todesursache und Grunderkrankung

Ein Einfluß dieser Parameter konnte nicht festgestellt werden.

4, 3, 6 Sektionsbefund

Nur bei einem der positiven Präparate war eine Osteoporose im Sektionsbericht erwähnt. Über einen Einfluß auf die Ergebnisse kann daher keine Aussage gemacht werden.

4, 3, 7 Lagerungszeit

a: Die Zeit vom Tod bis zur Sektion konnte nicht konstant gehalten werden. Die positiven Präparate hatten gleichermaßen 24 Stunden bei +4°C

gelagert. Sie liegen damit unter dem Mittelwert von 36 Stunden für alle Präparate. Da es sich zumindest für die positiven Präparate um konstante Bedingungen handelt, kann ein Einfluß auf die Ergebnisse hier nicht aufgezeigt werden.

b: Die Zeit von Sektion bis zum Versuchsbeginn

Die positiven Präparate mit den niedrigsten Diffusionsergebnissen hatten die längste Lagerungszeit. Der Versuch mit der höchsten Äthanolkonzentration hatte die kürzeste Zeit gelagert. Dies gäbe einen Hinweis, daß bei relativ frischen Präparaten noch eine bessere Permeabilität besteht. Gleichzeitig könnte man annehmen, daß eine evtl. bakterielle Zersetzung die Permeabilität der Präparate nicht verbessert. Die Lagerung der Proben in Cellophan sollte ihre Austrocknung verhindern. Man dürfte deshalb die Einwirkung einer Strukturveränderung durch den trocknungsbedingten Wasserverlust ausschließen. Daß innerhalb der Lagerungszeit Eiweißveränderungen eintreten, die die Diffusion behindern, liegt im Bereich der Möglichkeit.

4, 3, 8 Versuchsdauer

Eine verwertbare Korrelation hat sich nicht ergeben.

4, 3, 9 Hydrostatischer Druck

Die verwendeten Drucke lagen zweimal höher, einmal gleich und einmal niedriger als der Mittelwert der Gesamtpräparate. Ein Einfluß auf die Resultate scheint nicht gegeben zu sein.

4, 3, 10 Temperatur

Im ersten Diffusionsgesetz wird die proportionale

Abhängigkeit der Temperatur auf die Diffusion deutlich. Unsere Versuche sollten die rein physikalische Diffusion messen, ohne den evtl. aktiven Transport durch Grenzsichten und Membranen zu berücksichtigen. Wir verwendeten deshalb keinen Thermostaten (im Unterschied zu den Versuchen von MARÓUDAS et al., 1975), sondern arbeiteten bei Zimmertemperatur. Wir nahmen dadurch in Kauf, daß die Ergebnisse im allgemeinen etwas niedriger liegen mußten als im Normalfall. Der Vorteil unserer Methode lag darin, daß die bakterielle Zersetzung bei den niedrigeren Temperaturen weniger begünstigt wird. Insgesamt differierte die Temperatur bei den Einzelversuchen um $1,5^{\circ}\text{C}$. Ob die Höhe der Diffusionsrate durch diese geringen Temperaturschwankungen faßbar beeinflußt wird, erscheint zweifelhaft. Handelt es sich hier doch vorwiegend um einen physikalischen und nicht in erster Linie biologischen Prozess.

4, 3, 11 Diffusionsstrecke

Sie entspricht bei den hier verwendeten Präparaten nicht der Bandscheibenhöhe in vivo und beschreibt lediglich den Abstand zwischen den beiden knöchernen Endplatten in unserem Versuchsaufbau. Zur Kontrolle unserer Strukturanalyse verglichen wir die Werte der Diffusionsstrecke mit dem Strukturbild. Parallel zum Abfall der Strukturdichte der Spongiosa fand sich eine Abnahme der Diffusionsstrecke.
SB O: Mittelwert 1,8 cm, SB I: Mittelwert 1,6 cm,
SB II: Mittelwert 1,3 cm.

Der Diffusionsstreckenmittelwert des Kollektivs betrug 1,53 cm und war damit um 0,16 cm größer als der Diffusionsstreckenmittelwert der Präparate mit nachweisbarer Diffusion ($\bar{X}$ 1,37 cm).

In der Gruppe der positiven Präparate hatte das Präparat mit der höchsten Diffusionsrate die niedrigste Diffusionsstrecke, während die anderen Präparate die gleiche Diffusionsstrecke aufwiesen. Da sich nun die diffundierte Stoffmenge umgekehrt proportional zur Diffusionsstrecke verhält, könnte dies ein Zeichen für eine Begünstigung der Permeabilität sein. Die anderen 3 positiven Präparate hatten eine größere, aber untereinander gleiche Diffusionsstrecke, wodurch wiederum die Frage nach dem Einfluß einer veränderten Knochenstruktur aufgeworfen wird.

4, 4 Schlußfolgerungen

Die beschriebenen Untersuchungen haben Hinweise dafür ergeben, daß eine nachweisbare Permeabilität zwischen Wirbelkörper und Bandscheibe vornehmlich bei verminderter Strukturdichte des Knochens anzutreffen ist. Aus den vorgehenden Erörterungen läßt sich nicht folgern, daß Kontinuitätsunterbrechungen der Bandscheibe, Alter und Geschlecht, sowie die Diffusionsstrecke Parameter mit maßgeblichem Einfluß auf die Diffusion sind.

Es bleibt lediglich das Faktum der Strukturdichte mit Veränderungen im optischen Gesamtbild der Spongiosastruktur unter der Endplatte und einer verminderten Zahl der Querbälkchen als unterscheidendes Merkmal der positiven Präparate von den Präparaten ohne nachweisbare Äthanoldiffusion.

Dennoch finden sich zur Zeit noch keine befriedigenden Erklärungen zur Interpretation der hier dokumen-

tierten Befunde. Weitere Untersuchungen sollten an einer noch größeren Zahl von Präparationen mit einer verfeinerten Meßtechnik und einer kürzeren Diffusionsstrecke erfolgen.

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung:

1. Die Funktion des Discus intervertebralis als elastische und feste Wirbelverbindung und dessen besondere Eigenschaften, die für die Erfüllung dieser Funktionen notwendig sind.
2. Bisherige Ergebnisse der anatomischen Erforschung des Problems der Bandscheibenernährung. Nachweis der gefäßlosen Ernährung der Bandscheiben beim Erwachsenen.
3. Bisherige Diffusionsversuche an Kaninchen bzw. Bewegungssegmenten der menschlichen Wirbelsäule.
4. Problem der Diffusion bei der Osteoporose.
5. Arbeitshypothese: Veränderungen der Knochendichte und -struktur beeinflussen die Diffusion zwischen Wirbelkörper und Bandscheibe.

Material und Methoden:

1. 26 Stanzpräparate von Bewegungssegmenten der menschlichen LWS werden in einer speziellen Versuchsanordnung mit 10 %iger Äthanol-Ringerlösung und einem Farbindikator in Diffusionsversuchen getestet.
2. Beurteilt werden sollen: Die diffundierende Stoffmenge, die Intaktheit der Bandscheibenstruktur,

die seitliche Vorwölbung der Bandscheibe sowie einige individuelle Parameter des Einzelpräparates.

3. Danach wird eine Knochenstrukturanalyse durchgeführt. Nach einer speziellen Röntgenaufnahme des Präparats wird das optische Gesamtbild des Spongiosaraumes, die Struktur der Endplatte und die Zahl der Bälkchen in einem speziell eingezeichneten Quadrat auf der Röntgenaufnahme bestimmt.

Ergebnisse:

1. 4 der 26 Präparate hatten einen nachweisbaren Äthanolkonzentration in der Probelösung.
2. Periphere Protrusion und Bandscheibenstruktur zeigten keinen Zusammenhang mit den Diffusionsergebnissen.
3. Die Strukturanalyse zeigt bei den positiven Präparaten eine Verminderung der Spongiosastrukturdichte.
4. Alter, Geschlecht und die Länge der Diffusionsstrecke treten als einflußnehmende Parameter nicht hervor.

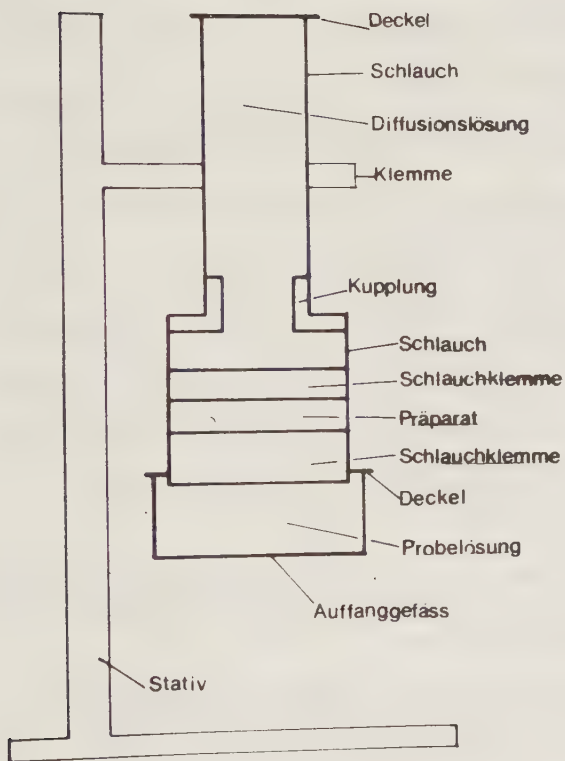
Diskussion:

1. Ursachen, die die unterschiedlichen Befunde zu den vergleichbaren Untersuchungen erklären

- a) Vorteile des Alkohols als Diffusionsstoff:
gute Löslichkeit, geringe Molekülgröße und keine Metabolisierung im Stützgewebe.
 - b) Nachteile des Äthanols: Eiweißdenaturierender Effekt, Nachweis des Äthanols ist bei 0,02 mg/g limitiert. Geringere Diffusionsmengen werden nicht nachgewiesen.
 - c) Die Diffusionsstrecke in diesen Versuchen unterscheidet sich von den Vorversuchen durch die größere Länge.
 - d) Es werden vollständige Bewegungssegmentzylinder verwendet. Der Diffusionsstoff muß zweimal die Knorpelknochengrenze durchdringen.
2. Unterschied der 4 positiven Präparate von den Präparaten ohne nachweisbare Alkoholdiffusion
- a) Es konnte kein Unterschied im Bezug auf periphere Protrusion, Kontinuitätsunterbrechung der Bandscheibe und röntgenologischer Beurteilung der Endplatten gefunden werden.
 - b) Die Spongiosastrukturanalyse und die Zahl der Querbalkchen weist auf eine verminderte Knochendichte bei den Präparaten mit nachweisbarer Alkoholdiffusion hin.
 - c) Die übrigen Parameter können nur mit Hilfe von statistischen Methoden an einem größeren Kollektiv untersucht werden.

Anlage:

Zeichnung des Versuchsaufbaus



LITERATURNACHWEIS

BOEHMIG, R. (1930):

Die Blutgefäßversorgung der Wirbelbandscheiben,
das Verhalten der intervertebralen Chordasegmente,
Archiv für klinische Chirurgie 158, 374-424

BONNICHSEN, R.K., THEORELL, H. (1951):

An enzymatic method for the microdetermination of
ethanol,
Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigation 3, 58

BRODIN, H. (1955):

Paths of nutrition in articular cartilage and
intravertebral discs,
Acta orthopaedica scandinavica 24, 177-183

HANSEN, H.J. (1959):

Comparative view of the pathology of disc degeneration in animals,
Laboratorial Investigation 8, 1242

HIRSCH, C., SCHAJOWICZ, F. (1952):

Studies of structural changes in the lumbar
anulus fibrosus,
Acta orthopaedica scandinavica 22, 184-231

KRÄMER, I. (1973):

Biomechanische Veränderungen im lumbalen Bewegungssegment,
Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 58,
Hippokrates-Verlag Stuttgart

PUTSCHAR, W.G.S. (1963):

Allgemeine Morphologie und Dynamik des Knochenumbaus unter normalen und pathologischen Bedingungen,
Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Pathologie, Nr. 47, S. 113

MAROUDAS, H., STOCKWELL, H.A., NACHEMSON, A. (1975):

Factors involved in the nutrition of the human lumbar intervertebral disc: cellularity and diffusion of glucose in vitro,
Journal of Anatomy 120, 113 - 130

MAROUDAS, A., BULLOUGH, P., SWANSSON, S.A.V.,

FREEMAN, M.A.R. (1968):

The permeability of articular cartilage,
Journal of Bone and Joint Surgery, 50 B, 166 - 177

NACHEMSON, A. LEWIN, T., MAROUDAS, A., FREEMAN, M.A.R. (1970):
In vitro diffusion of dye through the end plates and the annulus fibrosus of human lumbar intervertebral discs,
Acta orthopaedica scandinavica 41, 589 - 607

OTTE, P. (1974):
Die Expansion des Discus intervertebralis bei Osteoporose.
in: Biopolymere und Biomechanik von Bindegewebs-systemen,
Hrsg. F. Hartmann, Springer Verlag Berlin S. 93 - 99

SCHMORL, G. (1930):
Beiträge zur pathologischen Anatomie der Wirbelbandscheiben und ihre Beziehungen zu den Wirbelkörpern,
Archiv für orthopädische und Unfallchirurgie 25, 389-416

STOCKWELL, R.A., BARNETT, C.H. (1964):
Changes in permeability of articular cartilage in age,
Nature London 221, 835

ÜBERMUTH, H. (1929):
Die Bedeutung der Altersveränderung der menschlichen Bandscheiben für die Pathologie der Wirbelsäule,
Archiv für klinische Chirurgie 156, 567-577

LEBENS LAUF

Am 05.10.1949 wurde ich als Sohn des evangelischen Pfarrers Jakob Wilhelmi und seiner Ehefrau Lieselotte geb. Würz in Hachenburg/Westerwald geboren. Meine Familie wohnte in Holzappel/Unterlahnkreis. Von dort verzogen wir 1954 nach Wiesbaden-Igstadt. Hier wurde ich 1956 in die Volksschule eingeschult. 1960 trat ich dann in das Dillthey-Gymnasium, Wiesbaden, ein. Dort bestand ich im Juni 1968 das Abitur.

Im Oktober 1968 wurde ich zum Wehrdienst eingezogen. Im Mai 1969 war ich als Kriegsdienstverweigerer anerkannt und wurde entlassen. Ich studierte darauf ein Semester evangelische Theologie. Im Oktober 1969 meldete ich mich zur Ableistung des Ersatzdienstes in die Orthopädische Klinik, Wiesbaden. Hier entschloß ich mich, Medizin zu studieren.

Im Wintersemester 1970/71 immatrikulierte ich mich an der Johannes Gutenberg Universität Mainz für das Fach Medizin. Im Sommersemester 1971 bestand ich das Vorphysikum und im Wintersemester 1972/73 das Physikum. Die klinischen Semester schloß ich im Sommersemester 1976 mit dem Staatsexamen ab.

In meiner Medizinalassistentenzeit arbeitete ich in der Kinderklinik, allgemeinen Chirurgie und in der Unfallchirurgie der Städtischen Kliniken Wiesbaden, sowie in der Rheumaklinik Wiesbaden. Zum 16.01.78 erfolgte meine Approbation als Arzt. Nachdem ich darauf 2 Monate in der Unfallchirurgie der Städtischen Kliniken Wiesbaden als Assistent gearbeitet

hatte, trat ich am 01.03.1978 in die Aukamm-Klinik, Wiesbaden, ein. Ich arbeite dort auf dem Gebiet der operativen Rheumatologie und Orthopädie.

Am 06.01.1978 heiratete ich die Studentin der Pädagogik Yvonne Valentin. Wir haben ein gemeinsames Kind, Kent Dustin Wilhelmi, der am 24.06.78 in Wiesbaden geboren wurde. Seit Februar 1978 wohne ich in Wiesbaden-Auringen.

